



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 198 51 843 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 01 N 9/00  
F 02 D 41/32

21 Aktenzeichen: 198 51 843.9  
22 Anmeldetag: 10. 11. 1998  
43 Offenlegungstag: 11. 5. 2000

DE 198 51 843 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Schürz, Willibald, Dr., 93089 Aufhausen, DE; Zhang,  
Hong, Dr., 93057 Regensburg, DE; Pfleger, Corinna,  
93093 Donaustauf, DE

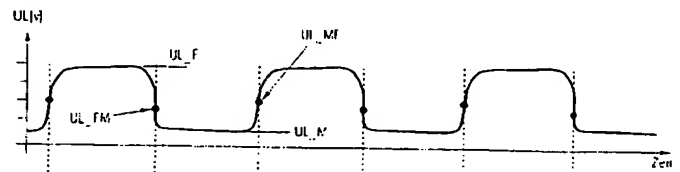
56 Entgegenhaltungen:  
DE 197 05 335 C1  
DE 197 44 738 A1  
DE 19 52 165 A1  
EP 06 36 770 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Sulfatregeneration eines NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators für eine Mager-Brennkraftmaschine

57 Die Erfindung besteht in der Kombination einer Sulfatregenerationsstrategie durch Maßnahmen zum Erreichen einer für die Desulfatisierung nötigen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatortemperatur mit der Strategie einer Zweipunkt-Lambdaeegelung, basierend auf einem binären Sauerstoffkonzentrationssignal (UL). Die Parameter Proportionalanteil (P<sub>NEG</sub>, P<sub>POS</sub>) und Integralanteil (I<sub>NEG</sub>, I<sub>POS</sub>) des Zweipunkt-Lambdaeeglers, sowie die Umschaltswel-lenwerte von mager auf fett und umgekehrt (UL<sub>MF</sub>, UL<sub>FM</sub>) werden derart gewählt, daß die Regenerations-mittelmenge in der gewünschten Dosierung zur Verfü-gung gestellt wird.



DE 198 51 843 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Sulfatregeneration eines NOx-Speicherkatalysators für eine Mager-Brennkraftmaschine gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Um den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen mit ottomotorischem Antrieb weiter zu reduzieren, kommen immer häufiger Brennkraftmaschinen zum Einsatz, die in ausgewählten Betriebszuständen mit magerem Gemisch betrieben werden.

Um die geforderten Abgasgrenzwerte bei solchen Mager-Brennkraftmaschinen einhalten zu können, ist eine spezielle Nachbehandlung des Abgases notwendig. Dazu werden NOx-Speicherreduktionskatalysatoren, im folgenden vereinfacht als NOx-Speicherkatalysatoren bezeichnet, eingesetzt.

Die NOx-Speicherkatalysatortechnologie nutzt die Fähigkeit verschiedener basischer Oxide, wie z. B. die Oxide der Alkali-Erdalkali- oder seltene Erdmetalle, NO<sub>2</sub> im überstöchiometrischen Abgas durch die Bildung von Nitraten zu speichern und diese dann unter reduzierenden Abgasbedingungen (= fettes Abgas) wieder abzugeben. Durch die katalytische Aktivität reagiert das freigesetzte NO<sub>2</sub> mit dem im fetten Abgas enthaltenen Reduktionsmittel CO und HC zu den unschädlichen Abgasbestandteilen CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O.

Während des Magerbetriebes der Brennkraftmaschine kommt es neben der Einspeicherung von Nitrat auch aufgrund des im Kraftstoff enthaltenen Schwefels zur Akkumulation von Sulfat. Die als NOx-Speicherkomponenten verwendeten basischen Oxide weisen eine starke Neigung zur Bildung von thermisch sehr stabilen Sulfaten auf. Abhängig vom Schwefelgehalt des Kraftstoffes führt dies zu einer Verringerung der NOx-Speicherkapazität sowie des Speichereffizienzgrades, da die gebildeten Sulfate durch die Regenerationsphase für Nitrat nicht zerfallen. Um die NOx-Utilisierungsrate des NOx-Speicherkatalysators ausreichend hoch zu halten, ist es notwendig, bei Überschreiten einer bestimmten eingespeicherten Sulfatmenge, eine spezielle Sulfatregeneration durchzuführen. Die Sulfatregeneration läuft analog zur Nitratregeneration ab, jedoch bei wesentlich höherem Temperaturniveau.

In der DE 197 05 335 C1 ist ein Verfahren zur Auslösung einer Sulfatregenerationsphase für einen Speicherkatalysator beschrieben, bei dem in vorgegebenen Zeitpunkten eine Sulfatregenerationsphase durchgeführt wird. Neben der Menge des abgespeicherten Sulfates wird dabei auch die thermische Alterung des Speicherkatalysators bei der Auslösung der Sulfatregeneration berücksichtigt. Zur Durchführung der Regeneration wird der Speicherkatalysator auf eine Temperatur von über 600°C aufgeheizt und die Brennkraftmaschine mit einer Luftzahl  $\lambda$  geringfügig kleiner als 1 betrieben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Sulfatregeneration eines NOx-Speicherkatalysators für eine Brennkraftmaschine anzugeben, mit dem die Bildung von Schwefelwasserstoff während der Regenerationsphase weitgehend vermieden und der Verbrauch an Regenerationsmittel klein gehalten werden kann.

Das Problem der Schwefelwasserstoffbildung resultiert im wesentlichen aus einem Überschuß an Regenerationsmittel, welches neben HC und CO auch Wasserstoff enthält. Eine optimale Sulfatregenerationsstrategie muß also die bereitgestellte Regenerationsmittelmenge in geeigneter Weise dosieren. Durch die Anwendung einer Strategie ähnlich des Zweipunkt-Lambda-reglers, basierend auf dem Signal einer Sprungsonde nach dem NOx-Speicherkatalysator löst dieses Problem.

Die Erfindung besteht also in der Kombination einer Sulfatregenerationsstrategie durch Maßnahmen zum Erreichen einer für die Desulfatisierung nötigen NOx-Speicherkatalysatortemperatur mit der Strategie einer Zweipunkt-Lambda-regelung, basierend auf einem binären Sauerstoffkonzentrationsignal. Die Parameter (Proportional- und Integralanteil) des Zweipunkt-Lambda-reglers, sowie die Umschaltswel-lenwerte von mager auf fett und umgekehrt werden derart gewählt, daß die Regenerationsmittelmenge in der gewünschten Dosierung zur Verfügung gestellt wird.

Resultat einer solchen Regelung ist es, daß man eine Modulation des Luftzahlwertes stromaufwärts des NOx-Speicherkatalysators erhält und die Frequenz und die Amplitude dieser Luftzahlschwingung mit den genannten Parametern in einem festen Zusammenhang stehen. Die Parameter ermöglichen es also, die Luftzahlmodulation in geeigneter Weise darzustellen, d. h. mit der richtigen Frequenz, Amplitude und Lambda-reglermittellage mit dem Effekt, daß die Bildung von Schwefelwasserstoff weitgehend vermieden wird.

Dieses Verfahren gewährleistet somit eine verbrauchs- und emissionsoptimale Sulfatregeneration des NOx-Speicherkatalysators.

Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Mager-Brennkraftmaschine mit NOx-Speicherkatalysator.

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals der stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators angeordneten binären Lambda-sonde und

Fig. 3 die Ausgangsgröße des Zweipunkt-Lambda-reglers.

Die Fig. 1 zeigt in Form eines Blockschaltbildes eine Mager-Brennkraftmaschine mit einer NOx-Abgasnachbehandlungsanlage, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei sind nur die Teile dargestellt, die zum Verständnis der Erfindung nötig sind.

Der Brennkraftmaschine 10 wird über einen Ansaugkanal 11 ein Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt. Im Ansaugkanal 11 sind in Strömungsrichtung der angesaugten Luft gesehen nacheinander ein Luftmassenmesser 12, ein Drosselklappenblock 13 mit einer Drosselklappe 14 und einem nicht dargestellten Drosselklappensensor zur Erfassung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 14 und entsprechend der Zylinderanzahl ein Satz Einspritzventile 15 vorgesehen, von denen nur eines gezeigt ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch bei einer Brennkraftmaschine anwendbar, bei der der Kraftstoff direkt in die jeweiligen Zylinder eingespritzt wird (Direkteinspritzung).

Ausgangsseitig ist die Brennkraftmaschine 10 mit einem Abgaskanal 16 verbunden. In diesem Abgaskanal 16 ist eine Abgasnachbehandlungsanlage für mageres Abgas vorgesehen. Sie besteht aus einem nahe der Brennkraftmaschine 10 angeordneten 3-Wege-Katalysator 17, auch als Vorkatalysator bezeichnet und einem in Strömungsrichtung des Abgases dem Vorkatalysator 17 nachgeschalteten NOx-Speicherkatalysator 18.

Die Sensorik für die Abgasnachbehandlungsanlage beinhaltet einen Sauerstoffmeßaufnehmer 19 stromaufwärts des Vorkatalysators 17, einen Temperatursensor 20 im Verbindungsrohr zwischen Vorkatalysator 17 und NOx-Speicherkatalysator 18 nahe am Eintrittsbereich desselben und einen weiteren Sauerstoffmeßaufnehmer 21 stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators 18. Anstelle des Temperatursensors 20, der die Abgastemperatur erfasst und aus dessen Signal mittels eines Temperaturmodells die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators berechnet werden kann, ist es auch möglich die NOx-Speicherkatalysatortemperatur unmittelbar zu messen. In der Fig. 1 ist mit strichlinierter Linie

ein solcher Temperatursensor **201** eingezeichnet, der die Monolithtemperatur des NOx-Speicherkatalysators **18** mißt.

Desweiteren kann die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators **18** über ein Abgasatemperaturmodell bestimmt werden, mit dessen Hilfe aus Eingangsgrößen, welche die Abgasatemperatur direkt oder indirekt beeinflussen, wie Drehzahl, Last, Zündwinkel, Luftzahl, Abgasrückführrate, Ansauglufttemperatur, Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators **18** modelliert wird. Dadurch kann auf den Einsatz des Temperatursensors **20** verzichtet werden.

Als Sauerstoffmeßaufnehmer **19** wird vorzugsweise eine Breitband-Lambda-sonde eingesetzt, welche in Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes im Abgas ein stetiges, z. B. lineares Ausgangssignal abgibt. Mit dem Signal dieser Breitband-Lambda-sonde **19** wird die Luftzahl während des Magerbetriebes und während der Regenerationsphase mit fettem Gemisch entsprechend der Sollwertvorgaben geregelt. Diese Funktion übernimmt eine an sich bekannte Lambdaeinstellungseinrichtung **22** mit einem, ein PI-Verhalten aufweisenden Lambda-Regler **221**. Vorzugsweise ist die Lambdaeinstellungseinrichtung **22** in eine, den Betrieb der Brennkraftmaschine **10** steuernde Steuerungseinrichtung **23** integriert.

Solche elektronischen Steuerungseinrichtungen, die in der Regel einen Mikroprozessor beinhalten und die neben der Kraftstoffeinspritzung und der Zündung noch eine Vielzahl weiterer Steuer- und Regelaufgaben, u. a. auch die Steuerung der Abgasnachbehandlungsanlage übernehmen, sind an sich bekannt, so daß im folgenden nur auf den im Zusammenhang mit der Erfindung relevanten Aufbau und dessen Funktionsweise eingegangen wird. Insbesondere ist die Steuerungseinrichtung **23** mit einer Speichereinrichtung **24** verbunden, in dem u. a. verschiedene Kennlinien bzw. Kennfelder und Schwellenwerte gespeichert sind.

Das Ausgangssignal des Luftmassenmessers **12** und die Signale des Drosselklappensensors, der Sauerstoffmeßaufnehmer **19**, **21**, des Temperatursensors **20** werden über entsprechende Verbindungsleitungen der Steuerungseinrichtung **23** zugeführt.

Zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine **10** ist die Steuerungseinrichtung **23** außer mit einer Zündeinrichtung **25** für das Luft-Kraftstoffgemisch über eine nur schematisch dargestellte Daten- und Steuerleitung **26** noch mit weiteren, nicht explizit dargestellten Sensoren z. B. für Drehzahl und Kühlmitteltemperatur der Brennkraftmaschine sowie mit weiteren Aktoren verbunden.

Zur Regelung des Kraftstoff-/Luftgemisches der Brennkraftmaschine im optimalen Lambda-Fenster während des stöchiometrischen Betriebs ist das Signal des nach dem NOx-Speicherkatalysator **18** angeordneten Sauerstoffmeßaufnehmers **21** als Führungssonde erforderlich. Als Sauerstoffmeßaufnehmer **21** dient vorzugsweise eine binäre Lambda-sonde (2-Punkt-Lambda-sonde) auf der Basis von Zirkonoxid  $ZrO_2$  die bei einem Lambda-Wert  $\lambda = 1$  bezüglich ihres Ausgangssignales eine Sprungcharakteristik aufweist. Dieses SONDENSIGNAL der nach dem NOx-Speicherkatalysator **18** angeordneten Lambda-sonde wird auch zur Steuerung der NOx-Speicherregeneration, Sulfatregeneration und zur Adaption von Modellgrößen wie z. B. der Sauerstoff- bzw. NOx-Speicherkapazität des NOx-Speicherkatalysators **18** eingesetzt.

Als Sauerstoffmeßaufnehmer **21** stromabwärts des NOx-Speicherkatalysator **18** eignen sich aber auch andere Sensoren, beispielsweise ein NOx-Sensor, der ein binäres Signal abgibt, aus dem man auf eine fette oder mager Abgaszusammensetzung schließen kann.

Der Auslösezeitpunkt für eine Sulfatregeneration wird z. B. über eine Modellrechnung bekannter Art ermittelt.

Wird festgestellt, daß der NOx-Speicherkatalysator nach erfolgter NOx-Regeneration weniger NOx speichern kann, als die Modellrechnung ergibt, so liegt dies in erster Linie in der Einlagerung von Sulfaten begründet. Die thermisch sehr stabilen Sulfate lassen sich bei höheren Temperaturen als denen bei der Nitratregeneration unter Zugabe der gleichen Regenerationsmittel wie bei der Nitratregeneration zersetzen. Durch die Desulfatisierung erhält man wieder annähernd die Ausgangsspeicherfähigkeit für NOx.

Wird eine Desulfatisierung angefordert und ist das dafür notwendige Temperaturniveau noch nicht erreicht, so wird durch aktive Aufheizmaßnahmen der NOx-Speicherkatalysator **18** auf einen Temperaturwert von typisch über  $600^{\circ}C$  aufgeheizt. Dieser Wert ist in erster Linie abhängig von der Beschichtung des Monolithen des NOx-Speicherkatalysators **18**.

Eine solche zusätzliche Temperaturerhöhung kann durch bekannte Maßnahmen, wie Verstellung des Zündwinkels in Richtung spät, fettes Gemisch in Verbindung mit Sekundärluft einblasung in den Abgasstrahl oder mageres Gemisch verbunden mit einem späten Einspritzbeginnwinkel bei einem Direkteinspritzsystem erreicht werden. Ist ein für die Desulfatisierung notwendiges Temperaturniveau erreicht, was beispielsweise durch Auswerten des Signals des Temperatursensors **20** und Vergleichen dieses Wertes mit einem vorgegebenen, im Speicher **24** abgelegten Schwellenwertes **TS** detektiert werden kann, wird die Brennkraftmaschine mit einem fettem Luft-Kraftstoffgemisch betrieben. Vorzugsweise wird eine Luftzahl eingestellt, die im Bereich zwischen  $\lambda = 0,96$ - $0,99$  liegt. Man benötigt fettes Gemisch, um das Regenerationsmittel zur Verfügung zu stellen. Wie die Luftzahl zur Sulfatregeneration des NOx-Speicherkatalysators und damit die Reduktionsmittelmenge eingestellt werden kann, so daß während der Sulfatregeneration die Bildung von Schwefelwasserstoff weitgehend vermieden wird, wird anhand der Fig. 2 und 3 erläutert.

In Fig. 2 ist der zeitliche Verlauf des Ausgangssignals, in diesem Fall die Ausgangsspannung **UL** der stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators **18** angeordneten, binären Lambda-sonde **21** (Sprungsonde auf  $ZrO_2$ -Basis) dargestellt. Die elektrische Beschaltung dieser binären Lambda-sonde ist dabei so, daß bei Sauerstoffüberschuß im Abgas (Magerbetrieb) der Wert der Ausgangsspannung niedriger ist als der Wert bei Sauerstoffmangel (Fettpbetrieb). Es ist aber auch eine umgekehrte Zuordnung zwischen Sauerstoffkonzentration und Ausgangsspannung möglich. Mit **UL<sub>FM</sub>** ist der Schwellenwert für die Umschaltung von fett nach mager, mit **UL<sub>MF</sub>** ist der Schwellenwert für die Umschaltung von mager nach fett bezeichnet. Die maximale Ausgangsspannung, auch als Fettspannung **UL<sub>F</sub>** und die minimale Ausgangsspannung, auch als Magerspannung **UL<sub>M</sub>** bezeichnet, sind ebenfalls eingezeichnet.

Die Fig. 3 zeigt die Ausgangsgröße des Zweipunkt-Lambda-Reglers **221**. Mit **P<sub>POS</sub>** ist der positive Proportionalanteil, mit **P<sub>NEG</sub>** der negative Proportionalanteil, mit **I<sub>POS</sub>** der positive Integralanteil und mit **I<sub>NEG</sub>** der negative Integralanteil bezeichnet.

Die Parameter, welche zur Einstellung der Regenerationsmittelmenge während der Desulfatisierungsphase beeinflussen werden können, sind:

- Umschaltsschwellen **UL<sub>MF</sub>**, **UL<sub>FM</sub>** von mager nach fett bzw. fett nach mager
- Proportionalanteile **P<sub>POS</sub>** bzw. **P<sub>NEG</sub>** zur Vorgabe eines Lambda-Sollwertes im Brennraum
- Integralanteile **I<sub>POS</sub>** bzw. **I<sub>NEG</sub>** zur Vorgabe eines Lambda-Sollwertes im Brennraum

Der Lambdasonnenwert kann zusätzlich durch das Ausgangssignal der Breitband-Lambdasonde 19 stromaufwärts des Vorkatalysators 17 eingehalten werden, falls eine Differenz zwischen Soll- und Istwert der Luftzahl auftritt.

Die Einstellung der Lambdaregler-Mittellage über diese Parameter beeinflusst im wesentlichen die Regenerationsmitteldosierung. Ein wesentlicher Einflußparameter für die Einstellung dieser Mittellage ist die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators. Je höher die Temperatur des Speicherkatalysators ist, umso fetter muß der Luftzahlmittelwert gewählt werden, damit eine Schädigung des NOx-Speicherkatalysators durch Sauerstoffüberschuß vermieden wird. Ein weiterer Einflußparameter für die Reglerparameter ist die Hochtemperatur-Sauerstoffspeicherkapazität des NOx-Speicherkatalysatorsystems. Die Sauerstoffspeicherkapazität kann beispielsweise bestimmt werden, indem die Sensorsignale der beiden Sauerstoffmeßaufnehmer 19, 21 in Beziehung gesetzt werden und eine Laufzeituntersuchung durchgeführt wird. Aus diesem Laufzeitverhalten können Rückschlüsse auf die Sauerstoffspeicherkapazität des NOx-Speicherkatalysators getroffen werden. Je höher dieses Sauerstoffspeichervermögen ist, umso fetter soll beispielsweise der Luftzahlmittelwert eingestellt werden. In Abhängigkeit der Last und der Drehzahl können diese Parameter ebenfalls variiert werden. Hierzu werden die Parameter in Kennfeldern KF1-KF6 der Speichereinrichtung 24 abgelegt. Die variable Festlegung der Schwellenwerte UL<sub>MF</sub>, UL<sub>FM</sub> für die Umschaltung mager-fett und fett-mager ergibt die Möglichkeit, die Frequenz der Luftzahlschwingung zusätzlich zu beeinflussen.

Darüberhinaus besteht die Möglichkeit, den Integralanteil des PI-Reglers zu begrenzen (in der Fig. 3 ist mit unterbrochener Linie eine solche Begrenzung des negativen Integralwertes I<sub>NEG</sub> eingezeichnet) oder den Integralanteil auf Null zu setzen. Dann erhält man einen Regler, der nur einen Proportionalanteil aufweist und somit keinen stationären Wert mehr einregeln kann. In diesem Fall wird das Signal der stromaufwärts des Vorkatalysators 17 angeordneten Breitband-Lambdasonde 19 als Führungssonde verwendet, d. h. diese Sonde gibt die Lambdareglermittellage an und das Signal UL der stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators 18 angeordneten binären Sonde liefert die überlagerte Schwingung.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Sulfatregeneration eines NOx-Speicherkatalysators für eine Mager-Brennkraftmaschine, bei dem nach Anforderung einer Sulfatregenerationsphase bei Erreichen eines für die Desulfatisierung nötigen Temperaturniveaus die Reduktionsmittelmenge zur Desulfatisierung durch Verändern von Parametern (I<sub>NEG</sub>, I<sub>POS</sub>, P<sub>NEG</sub>, P<sub>POS</sub>, UL<sub>FM</sub>, UL<sub>MF</sub>) eines Zweipunkt-Lambdareglers (221) auf der Basis eines binären Sauerstoffkonzentrationssignals (UL) eines stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators (18) angeordneten, binären Sauerstoffmeßaufnehmers (21) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regelung der Reduktionsmittelmenge mindestens einer der Parameter Proportionalanteil (P<sub>POS</sub>, P<sub>NEG</sub>), Integralanteil (I<sub>POS</sub>, I<sub>NEG</sub>), Umschaltsschwellenwert (UL<sub>FM</sub>, UL<sub>MF</sub>) von fett auf mageres Gemisch und umgekehrt verändert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Parameter (I<sub>NEG</sub>, I<sub>POS</sub>, P<sub>NEG</sub>, P<sub>POS</sub>, UL<sub>FM</sub>, UL<sub>MF</sub>) der Mittelwert der

Luftzahl eingestellt wird, mit dem die Brennkraftmaschine (10) während der Sulfatregenerationsphase betrieben wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mittelwert der Luftzahl umso mehr im unterstöchiometrischen Bereich eingestellt wird, je höher die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators (18) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mittelwert der Luftzahl umso mehr im unterstöchiometrischen Bereich eingestellt wird, je höher die Sauerstoffspeicherkapazität des NOx-Speicherkatalysators (18) ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter (I<sub>NEG</sub>, I<sub>POS</sub>, P<sub>NEG</sub>, P<sub>POS</sub>, UL<sub>FM</sub>, UL<sub>MF</sub>) abhängig von der Last und der Drehzahl der Brennkraftmaschine in einzelnen Kennfeldern (KF1-KF6) einer Speichereinrichtung (24) einer die Brennkraftmaschine (10) steuernden Steuereinrichtung (23) abgelegt sind.

7. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Einhaltung des Sollwertes für den Luftzahlmittelwert das Signal einer stromaufwärts des NOx-Speicherkatalysators (18) angeordneten Sauerstoffmeßaufnehmers (19) herangezogen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Integralanteil (I<sub>POS</sub>, I<sub>NEG</sub>) auf einen vorgegebenen Wert begrenzt ist.

9. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Integralanteil (I<sub>POS</sub>, I<sub>NEG</sub>) auf Null gesetzt wird und das Signal einer stromaufwärts des NOx-Speicherkatalysators (18) angeordneten Sauerstoffmeßaufnehmers (19) als Führungssonde verwendet wird und den Luftzahlmittelwert bestimmt und das Signal (UL) des stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators (18) angeordneten binären Sauerstoffmeßaufnehmers (21) die überlagerte Schwingung liefert.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

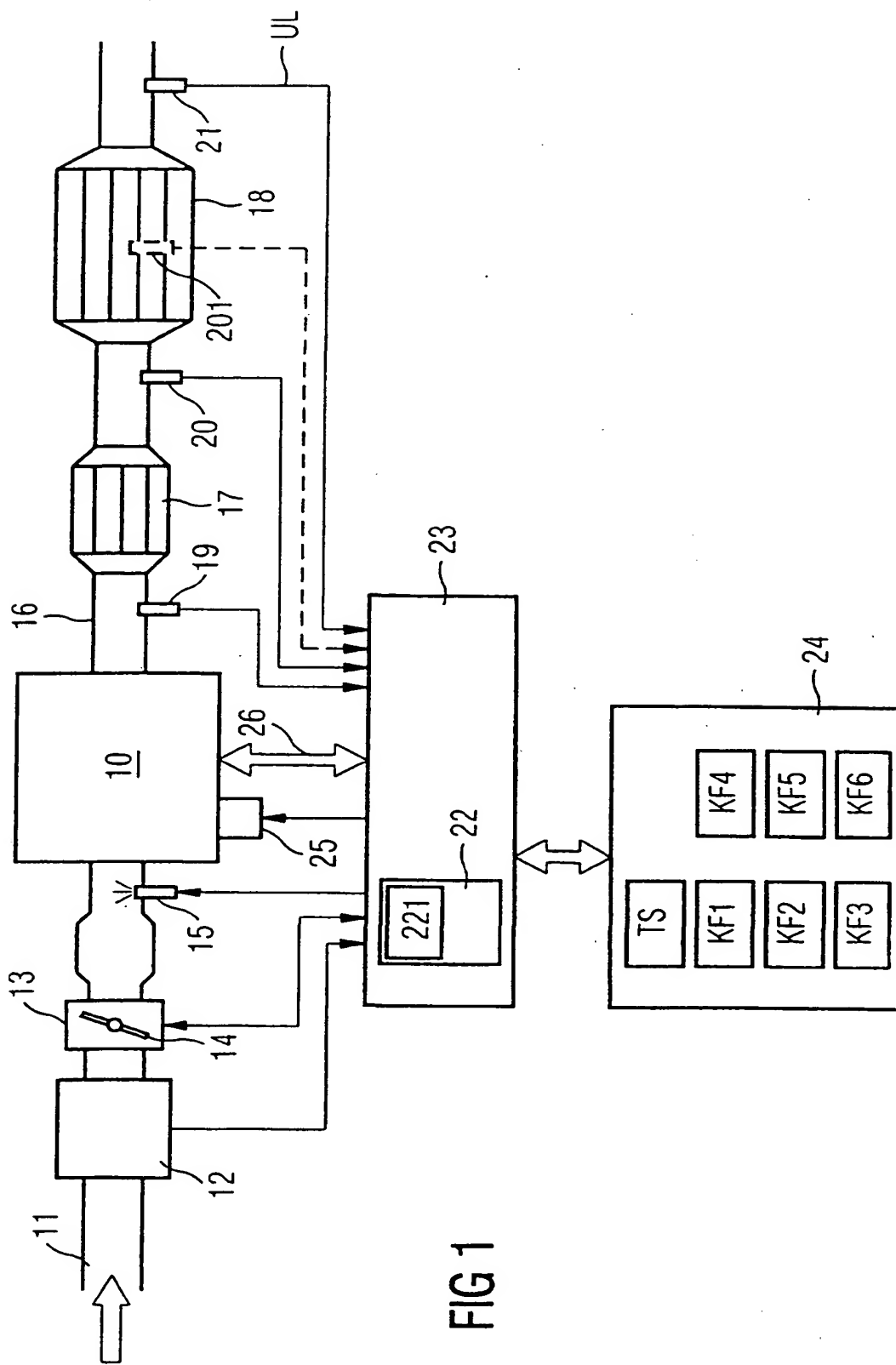


FIG 1

